# Solutions béton



# Les adjuvants : pour des bétons à l’épreuve des chantiers et du temps

**Depuis plusieurs décennies,** dans un environnement en constante mutation, les adjuvants s’imposent comme un composant essentiel et incontournable des bétons modernes. Aujourd’hui, plus de 95 % des bétons sont adjuvantés. Ils sont un catalyseur essentiel de l’évolution technologique des bétons, que ce soit au niveau des propriétés à l’état frais des bétons (facilité et confort de mise en œuvre), qu’en termes de performances mécaniques et de résistances. Ils constituent un atout précieux pour la formulation de bétons adaptés à leurs multiples usages et pour garantir l’esthétique des parements et la durabilité des ouvrages. Ils évoluent en permanence et n’ont pas fini de nous surprendre.

Texte : Patrick Guiraud

# Généralités

Un adjuvant est un produit dont l'incorporation à faible dose (inférieure à 5 % de la masse du ciment) aux bétons, mortiers ou coulis, lors du malaxage ou avant la mise en œuvre, provoque les modifications des propriétés du mélange, à l'état frais ou durci.

Les adjuvants font l'objet de la norme *NF EN 934*, partie 2 : *Adjuvants pour béton, mortier et coulis. Définition – exigences – conformité – marquage et étiquetage.*

L'utilisation d'adjuvants remonterait aux Romains qui utilisaient du sang de bœuf et du jaune d'œuf dans leur mélange de chaux et de pouzzolane. Le pouvoir coagulant du sang était utilisé pour accélérer la prise des mortiers. Au début, les adjuvants étaient à base de matière organique et utilisés de manière empirique.

Au cours du xx^e^ siècle, des progrès scientifiques ont permis de développer des adjuvants avec des propriétés spécifiques. Leur utilisation s'est généralisée ces dernières décennies. Ils sont aujourd'hui incorporés dans tous les types de bétons, qu'ils soient livrés prêts à l'emploi, utilisés en usine de préfabrication ou fabriqués sur chantier.

## UN PEU D'HISTOIRE

Dès les origines de la fabrication du béton de ciment Portland vers 1850, commencent les recherches sur l'incorporation de produits susceptibles d'améliorer certaines de ses propriétés. On cherche à agir sur les temps de prise, les caractéristiques mécaniques et de mise en œuvre et la porosité. Dès 1881, Candlot étudie l'action des accélérateurs et des retardateurs de prise. Le sucre, déjà connu comme retardateur de prise, est souvent employé à partir de 1909. Entre 1910 et 1920, débute la commercialisation d'hydrofuges et d'accélérateurs à base de chlorure de calcium. À partir de 1930, les entraîneurs d'air sont fréquemment utilisés. Depuis 1960, avec le développement du béton préfabriqué et du béton prêt à l'emploi, les adjuvants prennent une place grandissante, fruit d'une expérimentation progressive.

Le développement important des adjuvants nécessite la création en 1964, de la COPLA (Commission Permanente des Liants hydrauliques et des Adjuvants de béton). Elle a pour mission l'agrément et le contrôle des adjuvants et la mise à jour d'une liste officielle.

En 1968, est créé le SYNAD (Syndicat National des Adjuvants) avec pour vocation de développer et faire connaître les adjuvants.

Le développement des normes d'adjuvants à partir de 1972 a abouti en 1984 à la mise en place d'une certification avec la marque NF Adjuvants, véritable label de qualité.

## FONCTION PRINCIPALE ET SECONDAIRE

Chaque adjuvant est défini par une fonction principale, caractérisée par la ou les modifications majeures qu'il apporte aux propriétés des bétons, des mortiers ou des coulis, à l'état frais ou durci. L'efficacité de la fonction principale de chaque adjuvant peut varier en fonction de son dosage et des composants du béton (ciment, sable et fines en particulier).

Les performances des adjuvants et les plages de dosages permettant de satisfaire aux exigences normales sont précisés dans les fiches techniques des fournisseurs.

La performance d'un adjuvant est jugée vis-à-vis de son aptitude à être efficace dans son utilisation prévue (fonction principale) sans produire d'effets secondaires dommageables.

Un adjuvant présente en effet généralement une ou plusieurs fonctions secondaires qui sont le plus souvent indépendantes de la fonction principale. Certains plastifiants ont par exemple une fonction secondaire d'accélérateur de durcissement.

Des effets recherchés cumulés peuvent être obtenus en associant plusieurs adjuvants.

Les effets de chaque adjuvant varient en fonction de son dosage. Il est donc indispensable, lors de l'utilisation d'un adjuvant, de s'assurer, par des essais préalables représentatifs des conditions de réalisation du chantier, de son efficacité.

L'utilisation d'adjuvants pour la production de béton de structures doit respecter les exigences de la norme *NF EN 206-1*. L'emploi d'un adjuvant ne doit pas altérer les caractéristiques mécaniques, physiques ou chimiques du béton, du mortier ou du coulis. Il ne doit pas nuire aux caractéristiques des armatures et en particulier leur adhérence au béton.

Les adjuvants jouent un rôle de plus en plus important dans la technologie du béton. Leurs mécanismes d'action sont très complexes, en particulier pour les adjuvants de nouvelles générations. En effet, l'action d'un adjuvant est fonction de son dosage, du type de ciment, de sa séquence d'introduction dans le malaxeur et des conditions climatiques lors de la mise en œuvre du béton.

## COMPATIBILITÉ CIMENT-ADJUVANT

Chaque ciment a son propre comportement vis-à-vis des adjuvants.

Lors de la formulation d'un béton pour une application donnée, il convient de valider l'adéquation entre le ciment, les adjuvants et leurs dosages respectifs (étude compatibilité ciment-adjuvant) et d'optimiser le couple ciment-adjuvant.

Une méthode basée sur le concept de Mortier de Béton Équivalent (MBE) permet de valider efficacement et simplement les compatibilités du couple. ■

### Dosage en adjuvants par rapport au poids du ciment

| ADJUVANTS | DOSAGE EN % |
|---|---|
| Plastifiants | 0,15 à 1,2 |
| Superplastifiants | 0,6 à 2,5 |
| Accélérateurs de prise | 1 à 3 |
| Accélérateurs de durcissement | 0,8 à 2 |
| Retardateurs de prise | 0,2 à 0,8 |
| Hydrofuges | 0,5 à 2 |
| Entraîneurs d'air | 0,05 à 3 |
| Rétenteurs d'eau | 0,1 à 2 |

### Les 3 grandes catégories d'adjuvants

**■ Les adjuvants qui modifient l'ouvrabilité du béton**
– plastifiants réducteurs d'eau ;
– superplastifiants hauts réducteurs d'eau.

**■ Les adjuvants qui modifient la prise et le durcissement**
– accélérateurs de prise ;
– accélérateurs de durcissement ;
– retardateurs de prise.

**■ Les adjuvants qui modifient certaines propriétés du béton**
– entraîneurs d'air ;
– hydrofuges de masse ;
– rétenteurs d'eau.

# **Les modes d'action** des adjuvants

## ADJUVANTS MODIFIANT L'OUVRABILITÉ DES BÉTONS

Ces adjuvants modifient le comportement rhéologique des bétons, mortiers et coulis à l'état frais, avant le début de prise. Ils abaissent le seuil de cisaillement de la pâte et en modifient la viscosité. Ils augmentent la maniabilité tout en réduisant la quantité d'eau de gâchage, ce qui facilite la mise en place des bétons. Ils permettent d'augmenter la compacité du mélange, ce qui se traduit par une amélioration des résistances.

### Plastifiants – réducteurs d'eau

Ces adjuvants ont pour fonction principale de conduire, à même ouvrabilité, à une augmentation des résistances mécaniques par une réduction de la teneur en eau d'un béton. Ils permettent aussi d'augmenter la plasticité du béton à teneur en eau constante et donc de faciliter sa mise en œuvre.

Ils provoquent une défloculation des grains de ciment. En effet, il existe à la surface des grains de ciment des forces d'attraction qui ont tendance à les faire s'agglomérer entre eux sous forme de flocons ou flocs et piéger une partie de l'eau du mélange. Ils dispersent les grains de ciment et libèrent l'eau piégée, ce qui génère un gain de fluidité. Ils augmentent la compacité du béton par réduction de l'eau de gâchage. Ils permettent aussi de réduire le risque de ségrégation des bétons.

Ces adjuvants peuvent être à base de lignosulfates, de sels d'acides organiques, de naphtalène (polynaphtalène sulfonaté)…

### Superplastifiants – hauts réducteurs d'eau

Ils ont pour fonction principale de provoquer un fort accroissement de l'ouvrabilité du mélange tout en conservant les performances mécaniques. Ils permettent aussi, sans modifier la consistance (ou maniabilité) du béton, de réduire fortement la teneur en eau de gâchage et donc le rapport E/C. Ils confèrent aux bétons des résistances mécaniques à court terme et à très long terme élevées.

Ils peuvent offrir un long maintien de rhéologie et limitent les risques de dessiccation et de ségrégation. Ils facilitent la réalisation des reprises de bétonnage. Ils conduisent à des bétons à compacité élevée grâce à la forte réduction d'eau, gage de durabilité. La montée en résistance rapide des bétons permet des décoffrages rapides.

Ils offrent 2 propriétés :

- soit d'améliorer considérablement la consistance du béton à teneur en eau constante et donc de faciliter sa mise en place ;
- soit de réduire fortement la teneur en eau, à consistance identique, et ainsi d'améliorer les résistances mécaniques du béton durci.

Ils ont considérablement amélioré les performances des bétons et ont permis notamment le développement des Bétons à Hautes Performances (BHP), des Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances (BFUP) et des bétons autoplaçants (BAP).

Ce sont en général des produits de synthèse organique : polycarboxylates, polyacrylates, dérivés de naphtalène et mélamines sulfonés.

## ADJUVANTS MODIFIANT LA PRISE ET LE DURCISSEMENT

Ces adjuvants modifient les solubilités des différents constituants des ciments et surtout leur vitesse de dissolution.

### Accélérateurs de prise et accélérateurs de durcissement

L'accélérateur de prise a pour fonction principale de diminuer les temps de début et de fin de prise du ciment. Il agit sur la prise en diminuant les potentiels électriques à la surface des grains, ce qui favorise la diffusion des ions et donc accélère le processus d'hydratation. Il permet d'augmenter la densité d'hydrates à un temps donné donc de diminuer le temps de début de transition du mélange pour passer de l'état plastique à l'état rigide.

L'accélérateur du durcissement a pour fonction principale d'accélérer le développement des résistances initiales des bétons, avec ou sans modification du temps de prise. Il permet de mettre les bétons rapidement hors gel.

Les constituants sont généralement des dérivés de la soude, de la potasse ou de l'ammoniaque.

### Retardateurs de prise

Les retardateurs de prise ont pour fonction principale d'augmenter le temps de début de prise du ciment. Ils augmentent le temps de début de transition du mélange pour passer de l'état plastique à l'état rigide. Ils permettent aussi de réguler le dégagement de chaleur dû à l'hydratation du ciment.

En général, les retardateurs ralentissent la dissolution du ciment et la précipitation des hydrates et retardent ainsi la prise. Les retardateurs diminuent les résistances initiales mais ils augmentent souvent les résistances finales au-delà de 28 jours.

Ils sont à base de lignosulfonates, d'hydrates de carbone ou d'oxydes de zinc ou de plomb, d'acides carboxyliques, de fluorures, de phosphates.

## ADJUVANTS MODIFIANT CERTAINES PROPRIÉTÉS DES BÉTONS

### Entraîneurs d'air

Les entraîneurs d'air ont pour fonction d'entraîner la formation dans le béton, pendant le malaxage, de microbulles d'air (de diamètre inférieur à 100 microns) uniformément réparties dans la masse. Ces microbulles subsistent après durcissement.

Le béton durci contient naturellement une certaine quantité d'air provenant, soit d'un entraînement lors du malaxage, soit de l'évaporation de l'eau de gâchage non fixée. Cet air est réparti de manière aléatoire. En revanche, l'entraîneur d'air permet d'en entraîner un volume supérieur et de le répartir uniformément. La résistance au gel du béton durci ainsi que sa résistance aux sels de déverglaçage sont considérablement améliorées. Les microbulles qui coupent les réseaux capillaires limitent le développement des contraintes dues au gel de l'eau interstitielle (en créant de petits vases d'expansion pour l'eau interstitielle).

Les entraîneurs d'air sont des corps tensio-actifs : lignosulfonates, abiétates de résines, sels d'éthanolamine.

### Hydrofuges de masse

Les hydrofuges de masse ont pour fonction principale de diminuer l'absorption capillaire des bétons durcis. Il en résulte une faible porosité et donc une faible perméabilité du béton.

Ils se combinent à la chaux du ciment pour former des cristallisations complémentaires qui obstruent les capillaires du béton ou du mortier. Cependant, il convient de se rappeler qu'ils ne peuvent pas rendre étanche un mauvais béton, mal composé, présentant des vides importants ou des hétérogénéités.

Les hydrofuges sont généralement à base d'acides gras ou de leurs dérivés (stéarates).

### Rétenteurs d'eau

Les rétenteurs d'eau ont pour fonction de réguler l'évaporation de l'eau, de réduire la perte en eau et d'augmenter ainsi l'homogénéité et la stabilité du mélange. Ils diminuent la tendance au ressuage et les phénomènes de retrait. Ce sont des agents colloïdaux ou des dérivés de la cellulose. ■

# Adjuvants : effets et domaines d’application

| DÉFINITION | EFFETS SUR BÉTON FRAIS | EFFETS SUR BÉTON DURCI | DOMAINES D’APPLICATION PRIVILÉGIÉS |
|---|---|---|---|
| **LES PLASTIFIANTS RÉDUCTEURS D’EAU** | | | |
| Adjuvants qui, sans modifier la consistance, permettent de réduire la teneur en eau du du béton (réducteur d’eau), ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmentent l’affaissement, l’étalement (plastifiant), ou qui produisent les deux effets à la fois | ■ Amélioration de la maniabilité et maintien de l’ouvrabilité sans modifier la teneur en eau<br>■ Facilité de mise en œuvre des bétons<br>■ Réduction de la teneur en eau sans modifier la consistance<br>■ Diminution du ressuage<br>■ Diminution de la ségrégation<br>■ Amélioration de la pompabilité des bétons<br>■ Réduction de retrait hydraulique<br>■ Effets secondaires possibles à fort dosage : retard de prise et/ou entraînement d’air | ■ Amélioration des performances mécaniques à court et à long terme<br>■ Diminution de la porosité<br>■ Augmentation de la durabilité<br>■ Amélioration de l’adhérence entre la pâte cimentaire et les granulats<br>■ Amélioration de la liaison béton/armatures<br>■ Amélioration de l’esthétique des parements | ■ Bétons à Hautes Performances<br>■ Bétons préfabriqués<br>■ Ouvrages de Génie Civil<br>■ Dalles, voiles fortement ferraillés<br>■ Majorité des bétons |
| **LES SUPERPLASTIFIANTS – HAUTS RÉDUCTEURS D’EAU** | | | |
| Adjuvants qui, sans modifier la consistance, permettent de réduire fortement la teneur en eau du béton (haut réducteur d’eau), ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmentent considérablement l’affaissement et l’étalement (superplastifiant), ou qui produisent les deux effets à la fois | ■ Diminution de la teneur en eau sans modifier la consistance<br>■ Amélioration de la consistance et de la maniabilité sans modifier la teneur en eau<br>■ Maintien de l’ouvrabilité dans le temps (jusqu’à 2 h 30 – 3 h 00 à 20 °C)<br>■ Diminution du ressuage<br>■ Diminution de la ségrégation<br>■ Amélioration de la pompabilité des bétons | ■ Amélioration des résistances mécaniques à court et à long terme<br>■ Diminution du retrait (due à la réduction du rapport E/C et à l’augmentation du rapport granulats/liant)<br>■ Amélioration de la liaison béton/armatures<br>■ Réduction de la porosité capillaire de la pâte de ciment<br>■ Amélioration de la compacité<br>■ Diminution du coefficient de perméabilité<br>■ Accroissement de la durabilité<br>■ Diminution du fluage<br>■ Réduction du retrait hydraulique | ■ Bétons préfabriqués<br>■ Bétons précontraints<br>■ Bétons pour fondations superficielles et profondes : pieux, puits, parois moulées…<br>■ Bétons à Hautes Performances<br>■ Bétons autoplaçants<br>■ Bétons pompés<br>■ Radiers industriels<br>■ Ouvrages de Génie Civil |
| **LES ACCÉLÉRATEURS DE PRISE** | | | |
| Adjuvants qui diminuent le temps de début de prise du béton : temps de début de transition du mélange pour passer de l’état plastique à l’état rigide | ■ Accélération de la prise du béton<br>■ Augmentation de la chaleur d’hydratation<br>■ Accélération de la rotation des coffrages | ■ Pas d’effet sur béton durci<br>■ Amélioration des résistances à court terme | ■ Ouvrages de Génie Civil<br>■ Bétonnage par temps froid<br>■ Bétons préfabriqués<br>■ Bétonnage en zone de marnage<br>■ Bétons à hautes résistances initiales<br>■ Bétons projetés<br>■ Béton prêt à l’emploi (augmentation des cadences de production sur chantier) |
| **LES ACCÉLÉRATEURS DE DURCISSEMENT** | | | |
| Adjuvants qui augmentent la vitesse de développement des résistances initiales du béton, avec ou sans modification du temps de prise | ■ Pas d’effet sur le béton frais, sauf temps de prise | ■ Décoffrage rapide<br>■ Accroissement de la vitesse de montée en résistance du béton<br>■ Amélioration des résistances à court terme | ■ Tous les bétons nécessitant une bonne résistance à court terme<br>■ Bétons pour décoffrages rapides<br>■ Bétons précontraints<br>■ Bétonnage par temps froid<br>■ Bétonnage sous l’eau<br>■ Préfabrication sans étuvage |
| **LES RETARDATEURS DE PRISE** | | | |
| Adjuvants qui retardent le début de prise du béton : augmentation du temps de début de transition du mélange pour passer de l’état plastique à l’état rigide | ■ Allongement du temps de début et fin de prise<br>■ Maintien de l’ouvrabilité du béton dans le temps<br>■ Régulation de la chaleur d’hydratation du ciment<br>■ Régulation de la prise | ■ Amélioration des résistances à long terme | ■ Bétonnage par temps chaud<br>■ Transport du béton sur longues distances<br>■ Bétons pompés<br>■ Bétons pour ouvrages en grande masse<br>■ Coulage du béton en continu<br>■ Reprise de bétonnage |
| **LES HYDROFUGES DE MASSE** | | | |
| Adjuvants qui permettent de limiter la pénétration de l’eau dans les pores et les capillaires du béton et donc de réduire l’absorption capillaire du béton durci, sans altérer ses qualités plastiques et esthétiques | ■ Pas d’effet sur le béton frais | ■ Obturation du réseau capillaire du béton<br>■ Réduction du risque d’efflorescences<br>■ Augmentation de la durabilité<br>■ Réduction de la perméabilité et de l’absorption d’eau du béton par capillarité | ■ Bétons de fondation<br>■ Bétons de radier<br>■ Bétons de réservoir en béton<br>■ Bétons préfabriqués : bordures, pavés<br>■ Bétons étanches dans la masse<br>■ Ouvrages hydrauliques<br>■ Mortiers d’étanchéité |

| DÉFINITION | EFFETS SUR BÉTON FRAIS | EFFETS SUR BÉTON DURCI | DOMAINES D'APPLICATION PRIVILÉGIÉS |
|---|---|---|---|
| **LES ENTRAÎNEURS D'AIR** | | | |
| Adjuvants qui permettent d'incorporer pendant le malaxage une quantité contrôlée de fines bulles d'air entraîné uniformément réparties, qui subsistent après durcissement et qui, en jouant le rôle de vase d'expansion, protègent le béton des effets du gel | ■ Amélioration de l'ouvrabilité grâce aux bulles d'air<br>■ Diminution des phénomènes de ségrégation et de ressuage<br>■ Mise en place facilitée | ■ Protection contre les cycles de gel/dégel et les sels de déverglaçage<br>■ Amélioration de l'aspect du béton au décoffrage<br>■ Baisse des résistances mécaniques | ■ Bétons exposés aux cycles gel/dégel<br>■ Bétons extrudés<br>■ Bétons routiers<br>■ Matériaux autocompactants<br>■ Bétons préfabriqués exposés au gel |
| **LES RÉTENTEURS D'EAU** | | | |
| Adjuvants qui permettent de réguler l'évaporation de l'eau et d'augmenter l'homogénéité et la stabilité du mélange | ■ Diminution du ressuage et de la ségrégation<br>■ Réduction de la perte en eau<br>■ Cohésion du béton | ■ Limitation des risques de fissuration liée au retrait plastique<br>■ Meilleure hydratation du ciment<br>■ Amélioration des performances mécaniques à court et à long terme<br>■ Amélioration de la durabilité | ■ Bétons horizontaux et ouvrages présentant une surface d'évaporation importante<br>■ Dallages industriels<br>■ Dalles décoratives<br>■ Ouvrage en grande masse<br>■ Coulage dans l'eau |

## CHOIX DU TYPE D'ADJUVANT EN FONCTION DE SA PROPRIÉTÉ

| PROPRIÉTÉ | | ADJUVANTS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Rétenteur d'eau | Plastifiant | Superplastifiant | Accélérateur de durcissement | Accélérateur de prise | Retardateur de prise | Entraîneur d'air | Hydrofuge de masse |
| Ouvrabilité | | | + | + | | | | + | |
| Temps de prise | | | | | | – | + | | |
| Résistances | Court terme | + | + | + | + | + | – | – | |
| | Long terme | + | + | + | = | = | + | – | |
| Air occlus | | | | | | | | + | |
| Résistance au gel du béton durci | | + | | | | | | + | |
| Compacité | | + | + | + | | | | | |
| État de surface | | | + | + | | | | + | |
| Perméabilité sous pression hydraulique | | | – | – | | | | | – |

### Présentation du SYNAD

Le SYNAD (Syndicat National des Adjuvants pour bétons et mortiers) est une association professionnelle qui regroupe des industriels de la chimie de spécialité. Il représente « la partie organique » de la filière béton. Il est affilié à l'UNICEM (l'Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de construction) et à l'EFCA *(European Federation of Concrete Admixtures Associations).*

Le SYNAD a été créé en 1968 et fêtera ses 46 ans en 2014. Il a contribué depuis toutes ces années à la reconnaissance des adjuvants, des agents de démoulage et des produits de cure par tous les organismes certificateurs et à établir une relation entre tous les acteurs du marché.

Il prône le dialogue entre producteurs et utilisateurs, entre intérêts privés et préoccupations publiques, en tant que force de contribution à l'intérêt général.

Aujourd'hui, le SYNAD* compte 8 membres, représentant 98 % des adjuvants distribués en France. Il se structure autour de quatre commissions constituées d'experts :

- Commission Environnement
- Commission Marketing
- Commission Technique
- Commission Sécurité

Président : Claude Le Fur – Secrétaire général : Sandra Rimey
3, rue Alfred Roll, 75017 Paris – Tél. : 01 44 01 47 48
Synad@unicem.fr

** Le périmètre du SYNAD comprend les adjuvants, les produits de cure, les agents de démoulage, les pigments et les fibres.*

# Norme, marquage CE et marque NF : **des gages de qualité**

Les adjuvants sont définis et spécifiés dans la norme *NF EN 934-2* : *« Adjuvants pour béton, mortier et coulis »,* qui fixe les définitions et les exigences pour les adjuvants utilisés dans les bétons et précise les caractéristiques et les critères de conformité.

Elle s'applique aux bétons de consistance normale, non armés, armés ou précontraints qui peuvent être prêts à l'emploi, préfabriqués ou fabriqués sur chantier.

Elle ne traite pas des dispositions relatives à l'utilisation pratique des adjuvants pour la production du béton.

La norme définit les exigences à respecter pour les divers adjuvants :

- des exigences générales qui concernent tous les adjuvants : homogénéité, couleur, teneur en chlore total, densité relative (liquide), teneur en alcalins, comportement à la corrosion, composant actif, teneur en chlorure soluble dans l'eau, valeur du pH ;
- des exigences complémentaires selon chaque type d'adjuvant, telles que par exemple :

– pour les plastifiants, réducteurs d'eau : réduction d'eau, résistance à la compression du béton durci, teneur en air du béton frais ;
– pour les entraîneurs d'air : teneur en air du béton frais, caractéristiques des vides d'air dans le béton durci, résistance à la compression ;
– pour les retardateurs de prise : temps de prise, résistance à la compression, teneur en air du béton frais.

## L'ANNEXE ZA POUR LE MARQUAGE CE

L'annexe ZA *« Dispositions pour le marquage CE »* définit les caractéristiques essentielles à contrôler : teneur en ions chlorure, réduction d'eau, teneur en alcalins, temps de prise, effet sur la corrosion, temps de durcissement, résistance à la compression, absorption capillaire, teneur en air, consistance, caractéristique des vides d'air, substances dangereuses, effet sur la corrosion.

Le système d'attestation de conformité est de niveau : 2 +.

Les informations suivantes doivent accompagner le marquage CE :

- numéro d'identification de l'organisme notifié ;
- nom, ou identifiant et adresse du producteur ;
- les deux derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage ;
- numéro du certificat de contrôle de production en usine ;
- référence de la norme européenne ;
- description du produit : nom générique, matériau… et usage prévu ;
- informations sur les caractéristiques essentielles applicables (tableau ZA.1) : teneur en chlorure, effet sur la corrosion, teneur maximale en alcalins… ■

### Sommaire de la norme NF EN 934-2

**DÉFINITIONS, EXIGENCES, CONFORMITÉ, MARQUAGE ET ÉTIQUETAGE**

1 Domaine d'application
2 Référence normative
3 Termes et définitions
4 Exigences
5 Échantillonnage
6 Contrôle de conformité
7 Évaluation de la conformité
8 Marquage et étiquetage

Annexe ZA – Dispositions pour le marquage CE des adjuvants pour béton selon le Règlement Produits de Construction de l'Union Européenne

### Autres normes de la série en 934

- Partie 3 : Adjuvants pour mortier de montage – Définitions, exigences et conformité.
- Partie 4 : Adjuvants pour coulis pour câbles de précontrainte – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage.
- Partie 5 : Adjuvants pour bétons projetés – Définitions, spécifications et critères de conformité.
- Partie 6 : Échantillonnage, contrôle et évaluation de la conformité.

### Le marquage CE

**Le marquage CE a été créé dans le cadre de la législation d'harmonisation technique européenne. Il est obligatoire pour tous les produits couverts par une ou plusieurs directives européennes qui le prévoient explicitement. Il est interdit pour les produits qui ne sont pas couverts par une de ces directives. Il confère aux produits concernés le droit de libre circulation sur l'ensemble du territoire de l'Union Européenne. Pour apposer le marquage CE sur son produit, le fabricant doit réaliser, ou faire réaliser, des contrôles et essais qui assurent la conformité du produit aux exigences essentielles, notamment de santé et de sécurité, définies dans la ou les directives concernées.**

**Le marquage CE n'est pas une marque de certification ni une indication de l'origine géographique du produit. Obligatoire et de nature réglementaire, il est l'engagement visible du fabricant que son produit respecte la législation européenne. Pour les adjuvants du béton, le système qui a été décidé est basé sur une déclaration du fabricant quant au contrôle de sa production et à des essais types, assujetti à une inspection initiale, puis périodique, du contrôle de production par un organisme notifié.**

### La marque NF

La profession s'est dotée d'un label de qualité en faisant le choix de la certification volontaire marque NF. **La marque NF est une marque collective de certification.** Elle apporte la preuve indiscutable de conformité à des caractéristiques de **sécurité** et/ou de **qualité** définies dans le référentiel de certification correspondant.

Ce référentiel est constitué :

- de **normes françaises, européennes ou internationales ;**
- de **spécifications complémentaires** concernant le produit ou le service et l'organisation qualité de l'entreprise contenues dans des règles de certification, spécifiques à chaque produit ou service.

La marque NF reste, sur le plan du contrôle de la qualité et du résultat, le complément idéal du marquage CE. Elle garantit la vérification initiale et périodique par un organisme indépendant de la conformité au référentiel du produit ainsi que du process de production et de contrôle. La combinaison des deux représente aujourd'hui la véritable certification de conformité et de qualité.

# Les multiples atouts des adjuvants

Les adjuvants, produits stratégiques pour la formulation des bétons, leur apportent une forte valeur ajoutée pour toutes leurs applications. Ils sont au service de la rhéologie des bétons frais et sont gage de qualité des bétons durcis et de durabilité des ouvrages.

Fabriquer du béton est une activité de proximité, dépendante de la géologie locale pour le choix des granulats, limitée pour le choix du ciment par le coût financier et environnemental du transport. C'est finalement l'adjuvant qui permettra de concilier tous ces critères physico-chimiques : dans la formulation, il permet de réguler les qualités diverses des constituants pour obtenir un matériau normalisé. Il n'y a pas de solution unique mais des milliers de solutions spécifiques.

Ainsi, tout en améliorant les résistances, l'adjuvant apporte aussi une régularité dans le béton : il le rend plus économique, plus répétable et plus écologique.

## DES CATALYSEURS D'INNOVATIONS

Les adjuvants actuels sont le fruit de nombreuses évolutions et innovations pour satisfaire de multiples nouvelles contraintes et exigences.

Ils répondent aux propriétés et performances recherchées par les utilisateurs qui souhaitent des bétons de plus en plus techniques : fluidité, maintien de l'ouvrabilité, faible viscosité, fortes cadences de bétonnage, montées en résistance rapides, résistances élevées à long terme, esthétique des parements…

Ils ont permis de catalyser des innovations majeures du monde de la construction telles que les Bétons à Hautes Performances (BHP), les bétons autoplaçants (BAP), les Bétons Fibrés à Ultra Hautes Performances (BFUP) qui offrent des performances et des propriétés exceptionnelles.

Au cœur de la formulation des bétons, ils permettent d'optimiser les propriétés et les performances des bétons frais et durcis et offrent aux bétons de multiples atouts répondant aux évolutions sociales, économiques et environnementales sans oublier une multitude d'atouts techniques.

## ATOUTS SOCIAUX

Les adjuvants participent à l'amélioration des conditions de travail sur les chantiers et dans les usines de préfabrication en facilitant la mise en œuvre des bétons.

La volonté d'améliorer le confort des utilisateurs sur les chantiers s'est traduite ces dernières années par une utilisation de bétons de plus en plus fluides (remplacement progressif des bétons de classe de consistance S3 par des bétons de classe de consistance S4 voire S5 et par des BAP). Les nouveaux superplastifiants par exemple permettent d'atteindre des fluidités élevées avec un parfait maintien de rhéologie sans ajout d'eau.

Le développement des BAP, grâce aux adjuvants, a réduit la pénibilité des opérations de bétonnage en supprimant les pathologies liées aux nuisances sonores et à la vibration.

## ATOUTS ÉCONOMIQUES

Les adjuvants accroissent la rentabilité des chantiers et la productivité des usines de préfabrication.

### Pour les bétons prêts à l'emploi

Les superplastifiants confèrent une fluidité et un long maintien d'ouvrabilité. Le développement de résistances élevées à court terme améliorant les cadences de bétonnage et autorisant des décoffrages rapides, permet de réaliser des chantiers dans des délais plus courts.

### En usine de préfabrication

En offrant des résistances mécaniques élevées au jeune âge, les adjuvants assurent en usine de préfabrication des gains de productivité, une optimisation des cycles de production (meilleure rotation des moules grâce à la réduction des temps de prise et de durcissement) et une réduction des cycles d'étuvage et des températures d'étuvage. Il en résulte une réduction des dépenses énergétiques liées à l'étuvage et une baisse des coûts de production.

## ATOUTS ENVIRONNEMENTAUX

Les adjuvants contribuent à la gestion responsable des ressources naturelles et à l'intégration architecturale des ouvrages dans leur environnement.

### Utilisation optimale des ressources naturelles

Les adjuvants offrent une forte augmentation de la durabilité des ouvrages et une utilisation optimale et rationnelle des ressources naturelles.

Ils ont permis d'optimiser les dosages en ciment utilisés.

Ils permettent aussi d'économiser l'eau. En effet, les plastifiants et les superplastifiants réduisent la quantité d'eau nécessaire à la formulation des bétons de 10 à 20 %.

Dans les usines de préfabrication et les centrales à béton, la logique « zéro déchet » impose, pour éviter les rejets dans les réseaux d'assainissement, d'utiliser en circuit fermé les eaux issues des process de fabrication pour la formulation des bétons. Les adjuvants permettent cette valorisation en maîtrisant en particulier l'effet des fines présentes dans ces eaux.

### Contribution responsable à la gestion des ressources en granulats

Les adjuvants contribuent pleinement à la gestion de la ressource en granulats en facilitant l'adaptation de la formulation des bétons à la problématique de l'offre en granulats naturels (difficulté d'accès aux gisements, nécessité de composer avec la nature géologique du minéral) :

- utilisation de granulats concassés en substitution des granulats roulés dont la forme est moins favorable pour l'écoulement des bétons ;
- utilisation des granulats de roche massive ou des granulats et des sables locaux offrant parfois des propriétés plus délicates à maîtriser. Pour ces matériaux difficiles, les adjuvants doivent absorber notamment les variations de teneur en fines et rééquilibrer les incidences sur les propriétés à l'état frais et durci ;
- adaptation de la formulation des bétons aux qualités éventuellement fluctuantes des constituants des bétons (ciments, fines, additions éventuelles) ;
- utilisation de granulats issus de la démolition de béton (granulats recyclés). Ils doivent, dans ce cas en particulier, réguler la demande en eau spécifique de ce type d'agrégats.

### Qualité esthétique des parements

Les bétons adjuvantés apportent des réponses aux exigences qualitatives et esthétiques croissantes des architectes. Ils permettent d'élargir l'offre des possibles en termes de formes, de textures et de teintes des parements.

Les propriétés d'écoulement du béton frais sont déterminantes pour l'aspect esthétique des parements. Toute l'expertise de la formulation consiste à maîtriser, grâce aux adjuvants, les propriétés rhéologiques des bétons pour obtenir un mélange homogène et cohésif qui s'écoule parfaitement dans les coffrages et à travers les armatures, en permettant aux bulles d'air de s'échapper et en évitant tout phénomène de ségrégation.

## ATOUTS TECHNIQUES

La montée en gamme et la polyvalence d'emploi des adjuvants permettent de formuler tous types de bétons s'adaptant aux exigences de la norme *NF EN 206-1/CN,* aux cahiers des charges de plus en plus précis et complexes des prescripteurs et aux attentes de plus en plus exigeantes des utilisateurs.

Les adjuvants permettent :

**Pour la formulation des bétons**

- de respecter les exigences normatives tout en formulant des bétons très fluides qui se mettent en place facilement ;
- d'autoriser une baisse du rapport E/C et une réduction de la teneur en eau pour obtenir des bétons à très faible perméabilité ;
- de faciliter l'utilisation de tous types de ciments en particulier les ciments de type CEM II ou CEM III ;
- d'améliorer la robustesse des formules de béton lorsqu'elles sont soumises à des fluctuations des caractéristiques des constituants ;
- de formuler des bétons couvrant de larges gammes de résistances et de consistances et offrant une grande compatibilité avec de nombreux ciments ;
- de réduire la sensibilité des bétons aux aléas de chantier.

**Pour la mise en œuvre des bétons**

- d'assurer une livraison de qualité sur les chantiers en évitant les pertes de rhéologie pendant le transport du béton et permettant au béton d'arriver sur le chantier avec la classe de consistance commandée ;
- de couler des bétons très fluides sans ségrégation et facilitant la mise en place dans les coffrages ;
- d'assurer une souplesse de livraison et d'utilisation sur les chantiers en garantissant un long maintien de rhéologie et de consistance, en maîtrisant les cinétiques de prise par temps chaud et par temps froid ;
- d'assurer la pompabilité des bétons sur de grandes longueurs et de grandes hauteurs ;
- de conserver la rhéologie des bétons pendant de longues périodes et par températures extrêmes, sans pénaliser les résistances mécaniques initiales ;
- d'offrir une stabilité optimale au béton, évitant des phénomènes de ressuage, tassement et ségrégation.

**Pour la durabilité des ouvrages**

- de maîtriser la régularité des propriétés et des performances des bétons pendant toute leur durée de vie ;
- d'augmenter en particulier la compacité des bétons, offrant ainsi des ouvrages plus pérennes et plus résistants aux attaques et agressions au cours du temps. ■

# Une **dynamique de développement** continu

La dernière décennie a mis en exergue la capacité d'innovation des adjuvants pour faciliter la mise en œuvre des bétons et assurer la durabilité des ouvrages. En effet, les adjuvants permettent aujourd'hui de maîtriser parfaitement les propriétés essentielles du béton à l'état frais, en particulier sa rhéologie et sa faible teneur en eau, gage de faible porosité et donc de durabilité du béton durci.

## POUR DES OUVRAGES PLUS DURABLES…

Les exigences esthétiques des architectes, les soucis de compétitivité des entreprises, les contraintes environnementales, les évolutions normatives, la volonté d'améliorer les conditions de travail et la sécurité sur les chantiers, les évolutions des propriétés des constituants, les exigences de plus en plus contraignantes des utilisateurs imposent une évolution et une adaptation continues des formulations des bétons.

Les adjuvants ont, face à ces enjeux, un rôle de plus de plus important à jouer pour accompagner le développement de la technologie et de l'ingénierie de la formulation des bétons. Les centres de recherches des adjuvantiers poursuivent leurs efforts continus en intégrant une multiplicité croissante de contraintes qui sont des catalyseurs de l'innovation pour améliorer les performances de leurs produits au regard de la facilité de mise en œuvre des bétons, du confort, de la santé et de la sécurité des utilisateurs, du respect de l'environnement et de la durabilité des ouvrages. Ils proposent une grande variété de nouvelles molécules qui offrent des performances adaptées aux besoins de plus en plus précis et exigeants des utilisateurs.

## … ET PLUS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT

La recherche et développement de ce secteur de la chimie de la construction a un rôle clé pour continuer à répondre aux besoins et exigences des utilisateurs (confort d'utilisation des bétons), aux évolutions normatives et réglementaires ainsi qu'à la nécessité du respect et de la protection de l'environnement. Une nouvelle décennie d'innovations se profile pour proposer des solutions toujours plus respectueuses des hommes et de l'environnement et des bétons plus performants.

**Ces avancées technologiques permettent :**

- d'offrir au béton un long maintien d'ouvrabilité, adapté aux contraintes des livraisons et au temps nécessaire pour la mise en œuvre sur les chantiers, associé à de très fortes montées en résistance au jeune âge et optimisé pour améliorer les cadences de décoffrage quelles que soient les températures de mise en œuvre ;
- d'améliorer la robustesse des formules des bétons afin de rendre les bétons moins sensibles aux paramètres clés de formulation (caractéristiques des granulats et des ciments) et de mise en œuvre (conditions climatiques) et aux variations et fluctuations des propriétés des constituants des bétons ;
- de développer des adjuvants plus souples d'emploi et polyvalents permettant des formulations à large spectre de plus en plus complexes et facilitant l'utilisation de matériaux locaux ;
- de répondre aux exigences croissantes des architectes sur la qualité esthétique et la régularité des aspects des parements qui imposent une rigueur extrême de l'adjuvantation ;
- d'intégrer le Développement Durable dans la logique de formulation en permettant de développer des bétons de plus en plus respectueux de l'environnement et d'apporter des réponses responsables et adaptées aux matériaux disponibles localement. ■